DANS L'ANTRE DU MÉTAPHYSICIEN

Un Américain venu à l'Université de Virginie (1) pour traiter d'un sujet philosophique a un peu l'impression d'apporter du charbon à Newcastle. Par bonheur, la plupart des idées qui nous occupent ont été élaborées en Amérique assez récemment. Nous sommes de nouveau dans une de ces prodigieuses périodes de progrès scientifique, analogue, à sa façon, à la période présocratique à laquelle nous sommes encore redevable de la nette formulation de nos problèmes physiques et par là de notre embarras épistémologique. Ceux qui ont eu la chance d'écouter Wiener, Von Neumann, Rosenblueth et Pitts discuter des problèmes posés par les machines à calculer modernes, capables de connaître et de vouloir, ont eu la curieuse impression d'assister à un colloque digne des Anciens, Mais ils seraient les premiers à vous dire qu'ils sont ivres d'un vin américain d'un cru vénérable, car ils citent abondamment Charles Pierce et Josiah Willard Gibbs. Ces hommes ont transformé notre Métaphysique en transformant notre Physique. L'épistémologie surtout se trouve atteinte car c'est la physique des télécommunications qui reçoit actuellement un traitement théorique approprié. Pour la première fois dans l'histoire de la Science nous savons en effet comment nous savons.

Les physiologistes étudiant le système nerveux central ont eu longtemps un but de ce genre. Rudolph Magnus, inspiré par Emmanuel Kant, fit sa dernière grande conférence sur la « physiologie de l'*a priori* », par là il voulait parler du fonctionnement de ces mécanismes qui déterminent, chez nous, la nature tridimensionnelle de notre monde, ses axes et ses angles, qui nous donnent le sentiment de la vitesse et de l'accélération, d'où découle selon Magnus notre notion du temps. L'essai le plus remarquable dans ce sens fut, peut-être, celui de Sir Charles Sherington, essai intitulé *Man, on his nature*, car vers la fin d'une vie passée à étudier le comportement du cerveau, il fut amené à conclure que « dans ce monde, l'Esprit est de nature plus fantomatique qu'une fantôme ». La raison de son échec vient uniquement de ce que sa Physique n'était pas adaptée au problème qu'il envisageait. De là survint si régulièrement l'échec des savants qui voulurent s'intéresser à ce problème, que Clerk Maxwell lui-même, qui désirait tout simplement découvrir les relations entre la pensée et les mouvements moléculaires du cerveau, mit fin à ses recherches par la phrase mémorable « la solution de ce problème ne se trouverait-elle pas dans l'antre

(1) Conférence prononcée au « Philosophical Club » de l'Université de Virginie le 23 mars 1948.

même du métaphysicien, jonchée des os des explorateurs précédents et abhorrée de tout homme de science » ? Répondons calmement « Oui » à la première partie de cette question, « Non » à la seconde et poursuivons avec sérénité.

Nous voici conduits à commettre une grande hérésie, nous sommes prêts à considérer un être capable de connaissance comme une machine à calculer. Mais cette hérésie n'est pas nouvelle. Déjà Dryden dans *The Hind and the Panther* disait :

> Et si seulement ils pensent, ils ne peuvent atteindre rien de plus élevé
> Que ce que la matière, mise en mouvement, peut permettre d'approcher.

Je crois que ce point de vue est bon, à cela près que j'estime plus élevé le niveau auquel cette voie peut permettre d'atteindre. Je n'ai pas l'intention de vous lasser par des détails techniques sur les machines à calculer, qu'elles soient des créations de l'Homme ou des organismes naturels. Ces derniers occupent journellement le physiologiste. Notre problème ne diffère de celui de l'homme qui construit les machines à calculer qu'en ce que nous nous trouvons, pour ainsi dire, devant la machine de l'ennemi. Nous n'avons aucun renseignement préalable, nous devons apprendre nous-mêmes ce qu'est cette machine, ce qu'elle fait et comment elle le fait. Un cerveau de souris est une machine à calculer compliquée comportant 10^{10} relais. Chacun émet un signal dès réception d'un signal ou d'un groupe de signaux appropriés. Notre travail est d'apprendre comment ces relais sont connectés entre eux, quelle action est nécessaire pour mettre l'un d'eux en jeu, combien de temps après la réception d'un signal un autre est émis et comment l'arrivée d'un signal peut empêcher un relais de répondre à l'excitation d'un second signal qui aurait été efficace sans cela.

Mais pour cela nous devons être préparés au genre de monde que nous allons aborder. Il s'agit d'un monde à la façon d'Héraclite, d'un monde toujours changeant. Je ne veux pas dire que chaque relais soit spontanément détruit puis recréé à la manière d'une flamme, mais qu'il a affaire aux informations qui lui parviennent par de nombreuses voies, le traversent, tourbillonnent en son sein et émergent à nouveau aux yeux du monde. Héraclite aurait trouvé familière cette conception d'un être capable de connaissance.

Les contradictions suscitées par cette façon de voir le monde ont toujours conduit, en passant par l'unité Parménidéenne et les paradoxes des Éléates, à une conception atomistique à la manière de Démocrite, c'est-à-dire à un monde dont la matière est composée d'atomes, d'indivisibles objets élémentaires qui vont s'entrechoquant, de ci de là, dans le vide. Chaque fois qu'ils interviennent ils apportent avec eux le *Chaos*. Aussi peut-il paraître paradoxal qu'une machine à calculer moderne, quelque grande qu'elle puisse être, quelque noble que puisse être son but, fonctionne à la manière démocritienne. Je ne veux pas seulement faire allusion à ce fait qu'elle est composée d'atomes chimiques, je veux dire que c'est une machine à fonctionnement discontinu. Ses signaux sont quantifiés, chacun d'eux a lieu ou n'a pas lieu, ils ne peuvent

avoir lieu à moitié. Le système nerveux ne fait pas exception. Son signal élémentaire ou impulsion nerveuse obéit à la loi du tout ou rien. Si un neurone donne naissance à un signal, il produit l'effet maximum dont il est capable à ce moment. Ainsi ce n'est pas seulement la structure du système nerveux qui est quantifiée par la présence des neurones, mais son activité l'est aussi en ce qui concerne les impulsions nerveuses ou signaux élémentaires. Démocrite aurait jugé familière une pareille conception d'un être capable de connaissance. Il n'existe actuellement aucune raison de supposer que ces signaux élémentaires diffèrent de façon significative sauf en ce qui concerne le lieu et l'instant. Aussi tout ce qu'un signal peut signifier au relais suivant est que le relais émetteur a été excité de façon adéquate. Par suite toute qualité que peut déceler, en quelque lieu que ce soit, l'être capable de connaissance que nous envisageons, doit être exprimée par la *configuration* dans le temps et dans l'espace des signaux élémentaires.

Bien plus, comme à chaque relais est associé un temps de retard caractéristique, il est toujours possible, avec un nombre de relais suffisant, de convertir un ensemble d'impulsions données simultanément dans l'espace en une configuration temporelle agissant sur un seul relais, et réciproquement. Considérons un relais quelconque, à chaque instant assigné, disons à chaque milliseconde, il peut se trouver dans l'un quelconque de deux états, c'est-à-dire qu'il peut transmettre un signal ou bien être au repos. Par suite si nous prenons deux relais indépendants, ou non connectés, l'ensemble des deux peut se trouver dans n'importe lequel de 4 états ; à 3 relais sont associés 8 états différents possibles ; à 4 relais sont associés 16 états, etc. Ainsi pour n neurones le nombre d'états possibles est 2^n. Il faut un signal élémentaire, ou une unité d'information, pour déterminer dans lequel de 2 états se trouve un relais. Si maintenant nous considérons un relais unique et si nous l'envisageons à 2 instants différents le nombre des configurations possibles est 2^2 ; si nous considérons 3 instants il y a 2^3 cas possibles ; si nous en considérons 4 il y a 2^4 cas à envisager, etc. On voit de cette façon que la même quantité d'information peut être transmise aussi bien par n relais indépendants, en une unité de temps, que par un seul relais en n unités de temps. Aussi si nous voulons transformer une configuration instantanée en une série temporelle il nous faudra autant d'unités de temps que nous avons de relais indépendants. Remarquons que l'unité d'information apparaît avec un signe négatif dans l'exposant ; en effet, étant donnés n relais indépendants, ou un relais envisagé à n instants différents, une unité d'information, en déterminant l'état d'un relais, remplace n par $n - 1$ laissant possibles 2^{n-1} états différents.

La probabilité *a priori*, ou probabilité logique, pour qu'un neurone soit dans un état donné est égale à un demi. La probabilité pour que 2 neurones soient dans des états donnés est égale à un quart, etc. Ainsi l'information se trouve être égale au logarithme, de base 2, de l'inverse de la probabilité de l'état correspondant. Mais voilà qui éveille des résonances familières. Gibbs a défini l'entropie comme le logarithme de la probabilité de l'état. Selon les propres

termes de Wiener l'entropie mesure le désordre et l'information est une entropie négative. Ainsi, en accord avec la seconde loi de la Thermodynamique, suivant laquelle l'entropie va toujours en croissant, nous pouvons énoncer pour toute machine à calculer la loi correspondante : il ne peut jamais y avoir accroissement d'information. Ceci prouve qu'aucune machine ne peut opérer sur l'avenir mais doit tirer ses informations du passé. Et ces informations elle ne peut en faire rien d'autre que les altérer. La transmission des signaux le long de réseaux de communication ordinaires obéit à cette loi qu'il ne peut y avoir plus d'informations à la sortie qu'à l'entrée. Le bruit et seulement le bruit peut croître. Aussi si nous avons affaire à ces êtres capables de connaissance que sont les machines à calculer, nous pouvons leur appliquer les conclusions précédentes. Chacune de ces machines est un dispositif qui, malgré sa complication, ne peut que corrompre les informations qui lui sont fournies.

Permettez-moi, pour un instant, de parler un langage technique et d'assimiler cette corruption au rapport entre l'information entrante et l'information sortante. L'œil humain possède environ 100 millions de photo-récepteurs alors qu'il ne dispose que d'un million de relais pour transmettre l'information correspondante au cerveau. Chaque milliseconde, et cela indéfiniment, il ne peut envoyer au cerveau qu'un centième de l'information qu'il reçoit. Nous pouvons estimer à environ 3 millions le nombre de relais apportant simultanément de l'information au cerveau. Imaginons que ce cerveau soit celui d'un pianiste jouant à toute vitesse sur un clavier de 100 touches, frappant 10 fois par seconde avec chacun de ses dix doigts, disposant de dix intensités différentes et couvrant dix touches avec chacune de ses mains. Personne ne peut réaliser une telle performance. Cependant, traduit en débit d'information à la sortie cela ne fait que 3 unités par milliseconde. Ces 3 données par milliseconde transportent toute l'information car les ondes reconstituées à partir d'elles sont identiques aux sons originaux. Ainsi la corruption de l'information, de l'entrée à la sortie du cerveau, est de 1 million contre 1, si nous négligeons les yeux, et de 100 millions contre 1 si nous en tenons compte.

Un relais, fonctionnant seulement si des impulsions issues de deux sources distinctes se présentent presque simultanément, décèle une coïncidence d'arrivée d'information dans 2 lignes afférentes et répond seulement si chacune de ces lignes s'accorde avec l'autre pour annoncer qu'il s'est produit quelque chose. Aussi la probabilité logique, ou probabilité *a priori*, pour que ce relais donne naissance à une impulsion est égale au produit des probabilités de présence d'une impulsion dans chacune des voies considérées isolément. Cette probabilité est donc *inférieure* aux deux autres. Une cause de la perte d'information au cours de la propagation est cette nécessité de coïncidences le long du chemin. Plus la probabilité, *a priori*, d'un signal de sortie est faible, plus grand se trouve être dans ces conditions le crédit que l'on peut lui accorder, car un signal résulte de la coïncidence de plusieurs messages issus du monde environnant. En résumé, négliger les informations qui ne s'accordent pas entre elles, nous conduit à la quasi-certitude que ce que nous observons est bien dû à quelque

événement survenu dans le monde qui nous entoure. Évidemment nous devrions employer la même méthode dans l'élaboration de nos hypothèses. Chacune devrait posséder une probabilité logique, ou *a priori*, suffisante pour que sa confirmation par l'expérience puisse prouver que le monde a bien la structure supposée.

Je devrais vous dire maintenant que la limitation du débit d'information sortante est, dans une large mesure, due aux organes effecteurs eux-mêmes. Nous retrouvons là cette dégradation inéluctable que subit la pensée quand elle se transforme en action. Étant donné qu'il y a 10^{10} neurones, ou relais, dans le système nerveux central, il est évidemment impossible à un homme de transmettre plus de la 10^{10e} partie de se qui ce passe en lui. Même s'il est poète, son âme demeure sa propriété personnelle. Nous considérons habituellement nos sensations et toute connaissance du monde qui en découle, comme prenant place aux endroits où les lignes afférentes aboutissent, mais notre seule façon de le montrer est d'exprimer cela par une voie efférente. Aussi la réponse à toute question particulière, touchant notre connaissance ou notre ignorance d'une chose, dépend de la voie efférente particulière que nous considérons. Ceci est tristement évident pour tous ceux qui s'occupent des maladies du cerveau, car il est souvent important pour le diagnostic, ou au point de vue médico-légal, de savoir si un homme est conscient ou non de ses actes et des événements qui se produisent autour de lui. « Conscient » signifie, ici, qu'il peut, maintenant ou plus tard, se porter garant des événements dont nous pouvons également témoigner. Dans les états de choc graves le malade est conscient, dans les états de choc bénins il est inconscient. Mais il n'est possible d'en être sûr que lorsque l'état de choc a pris fin. L'épileptique, qui est inconscient de ses actes, n'est jamais responsable devant la loi, bien que ses actions soient si complexes et si bien adaptées au monde environnant qu'elles semblent prouver qu'il a conscience de beaucoup de détails liés à ses agissements.

Compte tenu de toutes ces limitations et de tous ces dangers, demandons-nous si un être capable de connaissance, tel que nous l'entendons, peut édifier la Physique du monde où il est plongé. Mais, ce faisant, soyons suffisamment francs pour admettre que la causalité est une superstition. Par causalité, j'entends toute loi imposant un lien nécessaire entre les événements. Exprimons cela de la façon suivante : rien ne peut être à la fois vrai et non vrai, faux et non faux, vrai et faux ; aussi, tout ce qui est, se trouve être ou bien « vrai ou faux », ou bien « ni vrai, ni faux ». Dans le premier cas nous avons affaire à une proposition, dans le second cas il n'en est pas ainsi. Dès lors il est impossible de nier l'existence des propositions car, ou bien cette dénégation est une proposition auquel cas elle est fausse, ou bien elle ne constitue pas une proposition et de ce fait n'est ni vraie ni fausse. Cependant cette impossibilité de nier sûrement l'existence des propositions ne prouve pas leur existence. Dire que des propositions existent demeure une hypothèse et cette hypothèse est inadéquate. Si dans ce monde, quelque connaissance est possible, il doit exister des propositions. Dans l'ensemble des événements une proposition vraie est

un événement qui implique matériellement un autre événement, c'est-à-dire, dans le cas le plus simple, un événement qui survient seulement si un autre événement s'est effectivement produit. En Physique une proposition vraie implique ce qu'elle affirme.

L'univers de la Physique est particulièrement bien décrit dans l'*Aether of Events* de Whitehead. Pour lui l'univers est ce tout qui n'a lieu qu'une fois, et un événement, pour exister, doit faire partie de ce tout. Dans sa description de la relation du tout à la partie, il y a deux hypothèses que nous avons ignorées dans notre théorie des machines à calculer, ce sont ces hypothèses qui permettent la fermeture topologique conduisant à la notion de continuité. Il admet l'existence d'un événement sans partie élémentaire et suppose que si A est une partie de C, il y a toujours un événement B tel que A est une partie de B et B une partie de C. Apparemment une machine à calculer, quantifiée comme la nôtre, n'est pas construite selon ces hypothèses. Nous·avons supposé l'existence d'un signal élémentaire, c'est-à-dire d'un signal qui, de deux choses l'une, a lieu ou n'a pas lieu. Ce signal élémentaire est une proposition. Il est vrai ou faux et il se produit à un instant particulier, en un lieu particulier. Comme le nombre des relais est fini on peut les repérer, il est possible d'assigner un nombre à chacun d'eux, et comme nous pouvons quantifier le temps en utilisant une unité égale au temps de retard des relais, nous pouvons choisir comme instant origine n'importe quel instant particulier et, affectant le nombre représentatif d'un relais d'un indice représentant l'instant de passage d'un signal, nous pouvons construire des énoncés où tout signal issu d'un relais donné est exprimé en fonction des signaux qui parviennent à ce dernier. Ce mode de calcul est celui des propositions élémentaires de Whitehead et Russell, complété par l'adjonction des indices représentatifs des instants d'apparition des propositions. Chacun de ces signaux est, pour parler avec précision, un événement propositionnel élémentaire, qui a ou n'a pas lieu et qui, s'il a lieu, peut être vrai ou faux. Chacun implique matériellement ses propres antécédents.

Considérons, un instant, une machine à calculer sans circuits fermés, sans circuits où les signaux puissent demeurer prisonniers. Dans un système de ce genre chaque signal, impliquant ses antécédents, implique un signal issu d'un relais situé plus près des organes récepteurs et cela jusqu'à ce que nous arrivions à ces derniers qui eux-mêmes impliquent la présence du monde qui agit sur nos organes sensoriels. Dans le sens le plus strict du mot, ce qui se passe dans un système de ce genre implique l'action du monde extérieur sur les organes recepteurs. Mais il faut remarquer que ce domaine d'implication s'étend seulement vers le passé. Même si le seuil de chaque relais était fixé, entre le moment où un ensemble donné d'impulsions quitte une région de notre cerveau pour aller vers nos mains et nos pieds et celui où il arrive, d'autres impulsions venues du monde extérieur peuvent intervenir au niveau de nos organes effecteurs par des voies plus courtes. Ainsi, en ce qui concerne l'avenir, la chaîne des implications cesse dans la mesure où une influence étrangère intervient. Bref, notre pensée n'implique pas notre action, mais comme nous

disons, la préméditе. Aussi sommes-nous obligés de distinguer entre avenir et intention. La notion de volonté nous est venue, je crois, de cette distinction importante et la « liberté » de notre volonté, toujours remise en question, n'est sans doute rien d'autre que la différence entre ce que nous nous proposons de faire et les perturbations qui viennent modifier notre action. Si je fais ce que je veux faire, ma volonté est libre.

Pour préciser ce point revenons aux considérations de tout à l'heure. Un signal élémentaire affirme que telles ou telles sont les circonstances et n'est vrai que si les circonstances sont bien telles ou telles. Si nous admettons l'existence de propositions élémentaires vraies appartenant à la classe des signaux, il existe alors des propositions significatives, selon l'expression de Wittgenstein, car la véracité ou la fausseté de chaque signal dépend de la réalisation ou de la non réalisation de ce qu'il affirme être vrai. Si des propositions significatives de ce genre sont vraies alors il existe un lien nécessaire entre l'événement qu'est la proposition et l'événement qu'elle propose et toute forme de lien nécessaire de ce genre est causalité. Dans un monde comme celui-ci ceux qui désirent nier la causalité doivent d'abord admettre qu'elle est superstition. Mais, une fois la causalité admise, au sens ou nous l'entendons, dans le fonctionnement de notre cerveau, alors nos propositions significatives vraies sont déterminées par le passé qu'elles impliquent et « l'absence de lien avec le passé » signifie seulement que nos propositions sont fausses ou non significatives. Nous désirons réellement être libres vis-à-vis de l'avenir (ne pas dépendre de ce qui peut intervenir entre nos intentions et nos actes). Et cela suffit pour nous rendre responsables de ces actes.

Au nombre de ces actes se trouvent les mots et chaque mot semble donné une fois pour toutes. Chacun correspond à un « universal » (1), idée ou qualité, se présentant à nos yeux dans ce monde. Pour que le fonctionnement d'un système nerveux implique un « universal », ou idée, nous n'avons pas seulement besoin du calcul des propositions élémentaires mais aussi de quantificateurs logiques affirmant que *tous* les éléments x ou *quelques-uns* seulement sont tels ou tels. Là encore, comme l'écrivait Whitehead, le problème n'est pas de savoir comment nous prenons conscience des événements, mais plutôt de savoir comment nous reconnaissons les objets. A mon avis le point le plus délicat de sa théorie de la perception des événements est la notion de reconnaissance première. Comment pouvons-nous parvenir à une idée que nous n'avons jamais eue auparavant ? Si notre système nerveux ne comportait pas de circuit fermé la présence d'un signal en un point quelconque signifierait qu'un organe récepteur a été impressionné une milliseconde auparavant. En réalité une suite de signaux réalisant une configuration définie, correspondant à un certain fait, peut être réfléchie. Et à chaque cycle on peut dire qu'il y a une nouvelle fois connaissance de ce

(1) Nous avons conservé le mot anglais « universal » ; le traduire par « universel » considéré comme singulier de « universaux » aurait constitué une inexactitude, « universaux » possède dans la philosophie scolastique un sens distinct de celui qui s'attache à « universals » en anglais. *(Note des Traducteurs.)*

qui ne correspondit qu'une seule fois à un signal afférent. Cette mémoire suffit pour que les signaux ne soient plus liés à un instant particulier. Un tel circuit sait que telle chose s'est produite dans le passé, mais ne peut dire quand. Là est l'origine de l'opérateur existentiel en ce qui concerne le temps : il y eut un instant tel qu'à cet instant telle ou telle chose se produisit. Remarquons que le verbe est au passé.

La mémoire humaine a d'autres aspects. Au cours de la jeunesse de nouvelles connexions peuvent prendre naissance. Grâce à elles les méthodes, par lesquelles nous parvenons à nos fins, s'insèrent davantage dans nos réseaux nerveux. Mais il n'est pas de mémoire qui accomplisse quoi que ce soit qui ne soit également réalisable au moyen d'un circuit fermé. Pitts et moi-même avons démontré qu'une machine comportant des circuits fermés et des voies directes peut calculer n'importe quel nombre calculable ou arriver à n'importe quelle conclusion qui puisse logiquement être déduite d'un ensemble fini de prémices. Bien mieux, afin de contenter quelque saint Thomas qui aurait seulement confiance en ce que peuvent lui révéler des électrodes explorant le cerveau, nous avons montré que toute blessure ou toute autre modification du réseau (modification acquise par exemple par l'habitude) peut être remplacée par l'action d'un réseau invariable et hypothétique de neurones invariables. Mais blessure et habitude diffèrent sur un point ; dans le cas de l'habitude les voies afférentes connues suffisent tandis que dans le cas de la blessure il nous faut une voie nouvelle pour agir sur notre réseau hypothétique.

Considérons notre être capable de connaissance comme constitué par un réseau invariable de neurones invariables. Des impulsions lui parviennent du monde extérieur et d'autres le quittent pour y pénétrer. Il ne comporte pas seulement des voies directes mais également des circuits fermés. Parmi ces derniers nous n'avons cité que le circuit réfléchissant. Grâce à eux nous pouvons nous libérer d'une particularité, la référence à un instant déterminé du passé ; mais il existe d'autres circuits fermés importants pour notre connaissance des « universals ». Leur fonctionnement a été convenablement décrit, en 1817, quand Magendie définit ce qu'il appelait « réflexe » comme une action prenant naissance dans une partie du corps, empruntant les nerfs du système nerveux central, puis renvoyé, vers la région initiale du corps où elle cesse ou bien renverse la cause qui lui a donné naissance. Les ingénieurs électroniciens donnent aux circuits de cette espèce le nom de circuits de contre-réaction. La structure de certains de ces circuits, en forme de boucle, a été étudiée en 1826 par Sir Charles Bell. Les méthodes mathématiques qui permettent de traiter ces questions sont exposées dans la conférence de Clerk Maxwell, « On governors », prononcée devant la Royal Society, en 1868. Chacun de ces circuits tend à assigner à une certaine variable une valeur particulière. Dans le cas des réflexes, la longueur d'un muscle, la température du corps ou la tension artérielle sont mesurées par un ensemble d'organes récepteurs qui envoient des impulsions au système nerveux central, de là des impulsions sont renvoyées vers les structures initiales pour les ramener à l'état particulier correspondant à l'arc réflexe. Cet

état particulier, décelé par les organes récepteurs, est le but, la fin associée à la mise en œuvre du réflexe. C'est par des procédés de ce genre que nous parvenons à assurer notre stabilité dynamique dans un monde en perpétuelle évolution.

Un de ces circuits nous met à l'abri des variations d'intensité des actions externes et de la variation corrélative du nombre des impulsions qui viendraient exciter l'écorce cérébrale ou cortex. Ce circuit, au contraire du réseau des voies réflexes, est entièrement contenu dans le cerveau. Des impulsions montant vers le thalamus, dernier relais avant le cortex, sont transmises à l'écorce cérébrale, puis à partir de certaines régions de cette dernière redescendent par des voies détournées vers le thalamus, où elles inhibent la faculté qu'a cet organe de transmettre les impulsions au cortex, ainsi se trouve maintenue, à un niveau à peu près constant, l'intensité des excitations afférentes. Ce processus rappelle le contrôle automatique de volume dans un poste de radio. L'existence d'un niveau d'excitation constant dans le cortex, malgré les variations de l'intensité des excitations périphériques, permet d'observer certains aspects de cette excitation sans nous occuper de son intensité. En résumé, nous sommes parvenus, en ce qui concerne l'intensité, à un résultat identique à celui auquel nous étions parvenus, pour la variable temps, grâce au simple circuit réfléchissant.

Envisageons maintenant le circuit dit appétitif. Il met en jeu un circuit de réaction qui s'étend en dehors du corps. C'est dans la partie externe du circuit que l'on rencontre le but ou cible. L'un des plus connus des circuits de ce genre comprend les yeux et le cerveau. Grâce à lui l'œil s'oriente automatiquement vers tout objet apparaissant à la périphérie du champ visuel. En orientant l'œil de façon à ce que l'image de l'objet prenne place au centre de la surface réceptrice, il déplace par translation l'image jusqu'à ce qu'elle occupe une position définie une fois pour toutes, ainsi il amène sa projection à une place déterminée de l'écorce cérébrale. Ce faisant, il élimine de la forme observée les particularités, sans intérêt, associées à la position dans laquelle le hasard l'a faite initialement apparaître. Cette observation centrée, permise par ce réflexe, ne conduit qu'à l'un des nombreux aspects possibles, aussi est-il permis de considérer ce processus comme conduisant à la réduction à une position canonique, position particulière parmi celles qui ont été passées en revue. Passons aux mathématiques, et considérons le théorème de Pythagore, ramenons le à la forme canonique constituée par les axiomes, postulats et définitions donnés au début de la théorie, l'ayant de cette façon traqué jusqu'à l'obliger à pénétrer dans la grotte du soleil, nous poussons un cri de joie car nous l'avons identifié.

Passons à un autre moyen d'accéder à des « universals ». A première vue il peut paraître différent. C'est une méthode de moyenne. Les modalités épicritiques de la sensation, par exemple la vue, donnent une représentation de l'activité du monde externe sur une fine mosaïque de relais corticaux. La forme centrée, obtenue grâce au réflexe oculaire, se présente à l'entrée du cortex visuel comme une distribution d'impulsions sur une aire donnée, centrée autour d'un point particulier. De nombreuses homothéties peuvent être effectuées sur

la forme perçue. Leur nombre est limité par le grain de la mosaïque. Elles peuvent conduire à une valeur moyenne par leur transport à la région suivante du cerveau. Il est clair que ces moyennes ne dépendent pas des dimensions de l'objet observé. L'image peut avoir été grande ou petite, mais comme, pour chaque objet, nous passons en revue toutes les homothéties possibles, les dimensions de l'original n'affectent pas les valeurs moyennes. Le résultat est indépendant des dimensions. Cet invariant dimensionnel, pour l'ensemble des homothéties, conduit à l'idée de la forme considérée indépendamment des dimensions. De même que le premier procédé envisagé entre dans le cadre des conceptions platoniciennes sur l'origine des idées, de même cette seconde méthode rappelle la conception aristotélicienne d'après laquelle les idées se dégagent de la considération de nombreux exemples particuliers. Un exposé clair et rigoureux de ces questions se trouve dans l'ouvrage de Weyl intitulé *Group theory and quantum mechanics.*

Simplifions à l'extrême. Nous avons obtenu un invariant de groupe de la façon suivante : nous avons élaboré un ensemble de nombres, chacun de ces nombres est la valeur moyenne, sur l'ensemble des transformations du groupe, de nombres arbitrairement affectés à la présence ou à l'absence de signaux en certains points ou à certains instants. Les mécanismes permettant d'obtenir ces invariants (« universals ») diffèrent entre eux par la façon dont les nombres arbitraires sont affectés. Dans le cas du réflexe de centrage, si la forme n'est pas centrée la valeur 0 est affectée à toutes les translations. Dans le cas des homothéties effectuées au niveau du cortex visuel, le nombre 1 est affecté si une cellule située en un point à été excitée à un certain moment (le nombre 0 est affecté dans le cas contraire). Nous disposons ainsi de nombreuses façons d'obtenir des « universals ». Les différences sont fortuites, elles dépendent de la façon arbitraire dont le mécanisme affecte les nombres. A ce niveau les méthodes d'Aristote et de Platon se rejoignent.

Un processus de ce genre peut être appliqué à la sortie d'un système un nombre limité de fois. Nous ne disposons que d'un nombre fini de relais et d'une durée de vie limitée, mesurée avec les temps de retard unités associés aux relais. A l'intérieur de ces limites il nous est possible de concevoir l'idée d'idées et l'idée des idées d'idées. Bref, l'être capable de connaissance dont nous nous occupons, est conscient au sens où l'entendait Spinoza. Il peut se découvrir lui-même, au milieu des choses de ce monde, et avoir conscience de soi comme il a conscience de tout autre objet. Mais ces idées, quelles que soient leur envolée, sont finalement réductibles à une logique des plus communes et par là à un nombre fini de propositions élémentaires. Cet être ne peut pas davantage connaître l'infini qu'il ne peut connaître l'avenir. Évidemment il peut faire des prévisions. Il lui suffit d'établir des corrélations entre les événements passés, extraire des « universals » et les projeter sur l'avenir. Cette projection n'est rien d'autre qu'une supposition. La meilleure supposition peut s'avérer inexacte. Le savant apprend cela à ses dépens ; toute hypothèse est une supposition sur ce qui peut résulter d'un nombre infini d'expériences

possibles. On peut s'attendre à ce que toute hypothèse soit réfutée. Aucune ne peut être prouvée. Là se trouve la « grandeur » de ces hypothèses, car, une fois prouvée leur fausseté, nous savons qu'elles étaient significatives.

Prouver que des propositions sont fausses est certes le summum de la connaissance, car nous les avons induites des propositions élémentaires acheminées à l'entrée de notre machine à calculer. Ces signaux entrant sont des propositions indépendantes. Chacune peut être fausse ou vraie sans que cela affecte les autres. Ce sont de simples informations et nous ne pouvons déceler la bonne ou mauvaise foi de celui qui nous les apporte. Comment avons-nous pu, à partir de telles données, finies et discontinues, élaborer la notion de fermeture topologique, si nécessaire à l'analyse, selon Whitehead, du monde du physicien ?

Le problème de la fermeture topologique est posé par les paradoxes de Zénon d'Élée. Nous avons besoin de donner un sens à l'idée d'objet intermédiaire, sens tout à fait différent de celui auquel peut conduire une expérience unique. Le « continu de la perception sensorielle » n'est pas continu au sens des mathématiciens. Là où il n'y a pas d'organe récepteur nous ne recueillons pas d'influx, en effet cet endroit n'est pas relié au cortex, il n'est pas directement représenté par des impulsions afférentes. Nous ne sommes pas directement au courant de notre ignorance. Imaginez, un instant, la même portion du monde représentée par deux procédés de perception sensorielle différents et apparemment continus. Bien que le monde apparaisse continu dans les deux cas, il n'y a aucune raison pour que ce qui est continu avec l'un des procédés corresponde à ce qui est continu avec l'autre, aucune raison *a priori*. La plupart du temps les continus ne sont pas congruents et tout réseau placé à la suite des organes récepteurs, qui peut déceler le défaut de congruence, permet de donner un sens à l'idée d'élément intermédiaire. Cette signification conduit à un « universal » aussi admissible qu'un autre ; nous allons lui associer un invariant. Il nous suffit de donner de la voix et de dire, tel Dieu ou un enfant, « recommence, recommence encore, sans jamais t'arrêter » ; nous obtenons alors la notion fondamentale nécessaire à l'introduction de la fermeture topologique et de la continuité analytique. Dans le cas des paradoxes de Zénon d'Élée, le mouvement observé apparaît continu dans un espace observé continu également. Il nous suffit de dégager les « universals » convenables pour être capable de mettre ces paradoxes sous forme de propositions.

Je ne crois pas qu'on attende plus de nous. Un Grec considérait qu'un bâton plongé dans l'eau était droit malgré les apparences qui le montraient coudé. Pour l'Inquisition le soleil se déplaçait, alors qu'aux yeux de Galilée c'était la terre. Pour Schrödinger la lumière était formée d'ondes, pour Heisenberg elle était formée de particules, puis Dirac est venu. Ainsi les contradictions disparaissent quand on parvient, à une connaissance plus grande. Nous avons appris que les réponses dépendent de la façon dont sont posées les questions et nous avons appris à poser les questions de telle façon que les réponses soient utilisables. La connaissance ne posait pas de grands problèmes à l'esprit grec

jusqu'à ce qu'il ait formulé sa physique théorique en fonction de réalités abstraites. Ce sont elles qui inquiétaient Galilée et Descartes.

Supposer le monde en mouvement continu plutôt qu'en mouvement discontinu n'a en rien aidé Descartes. Il était prêt à admettre la possibilité de construire un automate capable de faire tout ce que fait un homme. Néanmoins il ne pouvait accepter de doter cet automate d'un esprit, douter, savoir, penser, lui semblait dépasser ses possibilités. Maintenant que nous avons construit des automates qui, comme nous, peuvent calculer n'importe quel nombre calculable, peuvent formuler des idées claires et grâce à la contre-réaction être doués d'intentions, qui leur sont incorporées comme les nôtres le sont à nous-mêmes, nous comparons avec humilité le travail de nos mains à celui des machines, plus constantes dans leurs déterminations, plus souples dans l'exécution, et en ce qui concerne leur adaptation à une bonne cause capables d'apprendre et de penser avec plus d'efficacité que nous. Cela n'est vrai aujourd'hui que dans certains domaines mais dans un avenir plus ou moins lointain, cela sera vrai dans tout domaine que nous voudrons. Jusque-là nous n'avons pas doué les machines du pouvoir de se reproduire, le faire serait la pire des erreurs.

Remarquons que je n'emploie pas le mot connaissance dans un sens restreint. Les propositions dont je me suis occupé sont les propositions significatives des machines, celles qui expriment quelque chose d'indépendant de l'événement qu'est la proposition elle-même. Mais si, à la place des relais qui attendent des signaux extérieurs pour être déclenchés, nous installons, dans une machine à calculer, un relais qui se déclenchera lui-même chaque milliseconde, nous introduisons l'ensemble des tautologies. Pour moi une proposition tautologique n'entre pas dans le cadre de la connaissance ; connaître c'est affirmer que les « choses sont telles ou telles » lorsqu'il en est effectivement ainsi ! La connaissance est construite avec des propositions premières et élémentaires dont nous ne pouvons savoir que nous les connaissons. Dans le cas d'hypothèses, qu'on a prouvé être fausses, nous sommes au moins conscients d'avoir fait fausse route. Pour un savant cela doit suffire. Si nous ne sommes pas satisfaits de nos cerveaux, nous pouvons, au moins, construire des machines qui, comme eux, « si seulement elles pensent, ne peuvent atteindre rien de plus élevé que ce que la matière, mise en mouvement, peut permettre d'approcher ».

Je suis encore persuadé que ce sera un guide suffisant dans la caverne du métaphysicien, jonchée des os des explorateurs précédents. L'un de ces os est certainement le fémur d'Emmanuel Kant (ce dernier confondit en effet l'ego empirique et l'ego épistémologique). Cet os lui permit d'avancer sur le terrain solide de la science cependant que son crâne demeurait au milieu de notions nébuleuses. Ce crâne est certainement un autre de ces os car il renfermait le réseau nerveux contenant son *a priori* synthétique. Si mes os sont destinés à rejoindre les leurs, j'espère que ceux qui viendront par la suite reconnaîtront ma colonne vertébrale dont les articulations représentent la croyance superstitieuse en un enchaînement nécessaire des événements (la causalité). J'admets humblement que c'est là seulement une résurrection de

la foi de saint Thomas d'après laquelle Dieu ne nous a pas donné des sens pour nous tromper. Il suffit que cette confiance en la bonté de Dieu ne puisse pas vraiment être niée. Ainsi au moins en Virginie, l'antre du métaphysicien ressemble étrangement à la grotte du soleil et par conséquent y entrer c'est comme entrer chez soi.

Warren S. McCulloch,
Professeur de psychiatrie à l'Université d'Illinois.

(Traduction due à la collaboration de MM. Reymond et Vallée.)
